

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-244036

(43)Date of publication of application : 08.09.2000

(51)Int.Cl.

H01S 3/00  
G02B 26/00  
H01L 21/268

(21)Application number : 11-038816

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB  
INC

(22)Date of filing : 17.02.1999

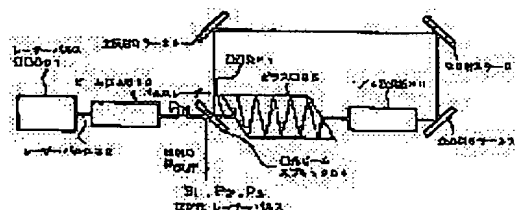
(72)Inventor : KAGEYAMA YASUYUKI  
AZUMA HIROZUMI

## (54) LASER PULSE GENERATOR

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To laser heat a sample efficiently and surely in a short time by split ting only the intensity of a laser pulse beam emitted from a laser oscillator while retaining the shape so that the beam intensity can be controlled indepen dently and then shaping the cross-section and intensity distribution of the beam.

**SOLUTION:** A laser pulse 32 emitted from an KrF excimer laser oscillator 31 is split into two by means of a half mirror. Intensity ratio between transmitted light and reflected light is set at 1:1. The light transmitted through the half mirror produces a first stage pulse train for accelerating crystallization precursory process of an a-Si thin film. After the laser pulse intensity is controlled to a specified level by through an attenuator, the first stage pulse train transmits through the half mirror and impinges on an a-Si thin film sample after the cross-section of the laser beam and the intensity distribution in cross-sectional plane are shaped specifically by means of a homogenizer comprising a cylindrical lens and a slit.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-244036

(P2000-244036A)

(43) 公開日 平成12年9月8日(2000.9.8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

データベース(参考)

H 0 1 S 3/00

H 0 1 S 3/00

B 2 H 0 4 1

G 0 2 B 26/00

G 0 2 B 26/00

5 F 0 7 2

H 0 1 L 21/268

H 0 1 L 21/268

F

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平11-38816

(22) 出願日

平成11年2月17日(1999.2.17)

(71) 出願人

000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

(72) 発明者

景山 恭行

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者

東 博純

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

(74) 代理人

100068618

弁理士 尊 経夫 (外2名)

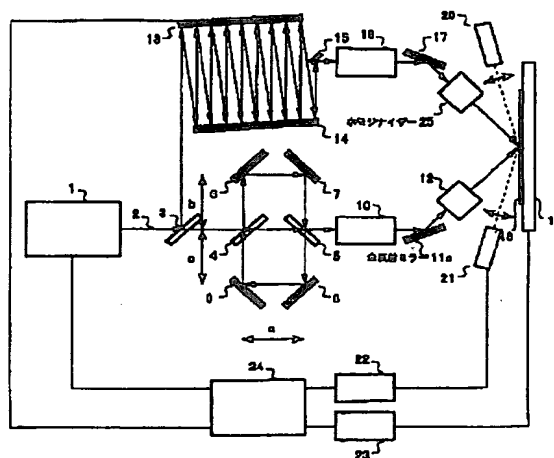
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザパルス発生装置

(57) 【要約】

【課題】 従来のパルスレーザ発生装置に比べて試料表面を短時間で且つ確実に必要温度に加熱することができるパルスレーザ発生装置を提供する。

【解決手段】 非晶質シリコン薄膜をパルスレーザアニールにより多結晶シリコン薄膜とするためのパルスレーザ発生装置であって、(1)レーザ発振器から発射されたパルスレーザビームを形状を保持したまま強度のみを分割する手段、(2)分割された前記ビームの一方に光路長を追加する手段、(3)分割された前記ビームの他方を、更に時間差を有する複数のパルスからなるパルス列に分割する手段、(4)前記両ビームの強度を独立して制御可能な強度減衰手段、並びに(5)前記両ビームの断面形状及び断面内強度分布を整形する手段、を有するパルスレーザ発生装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非晶質薄膜をレーザパルスアニールにより多結晶薄膜とするためのレーザパルス発生装置であって、(1)レーザ発振器から発射されたレーザパルスビームを形状を保持したまま強度のみを分割する手段、

(2)分割された前記ビームの一方に光路長を追加する手段、(3)分割された前記ビームの他方を、更に時間差を有する複数のパルスからなるパルス列に分割する手段、(4)前記両ビームの強度を独立して制御可能な強度減衰手段、並びに(5)前記両ビームの断面形状及び断面内強度分布を整形する手段、を有することを特徴とするレーザパルス発生装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はレーザパルス発生装置、更に詳しくは、試料の前駆加熱、例えばシリコン薄膜や炭化水素を多量に含んだゾルゲル法などの化学的方法により形成された酸化物膜の結晶化アニールなどの目的でシリコン薄膜や酸化物膜にレーザパルスビームを照射する際に、該レーザパルスビームを二分割し、分割された前記ビームの一方の光路を延長させることにより遅延させ、また分割された前記ビームの他方を更に複数に分割して、試料の同位置に複数のレーザパルスビームを時間差を設けて照射することが可能であり、この際、独立して各パルスの断面形状及び強度を制御することにより、短時間で且つ確実に試料をレーザ加熱することができるレーザパルス発生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】レーザビーム、例えばレーザパルスビームを用いると他の方法では実施困難な微細加工や局部加熱を容易に行うことができるので、近年、レーザビームを用いる種々の加工方法又はそのための装置が提案されている。例えば、レーザパルスビームを三回以上の多数回にわたって被加工物に照射する方法及びその装置(特開平5-29693号公報)、等強度のレーザパルスビームを二つ発生させる装置(特開昭62-133788号公報)等がある。レーザビームを結晶化アニール、例えばシリコン薄膜の結晶化アニールなどの目的に用いることもできる。前記目的に使用する種々のレーザアニール装置又は方法が提案されている。例えば、レーザパルス発振器を複数台使用して非晶質シリコン薄膜の異なる位置を同時にパルスアニール処理してスループットを向上させる装置及び方法(特開平10-41244号公報)、レーザパルス発振器を複数台使用し、これらを同期させてレーザ光を出射し、非晶質シリコン薄膜上にこれら出射されたレーザ光の端部を重ね合わせながらパルスアニール処理を行い、非晶質シリコン薄膜上で結晶化の継ぎ目部分を極力減少させる方法(特開平4-282869号公報)がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】非晶質シリコン(a-Si)薄膜の結晶化においては、a-Si薄膜を高温に保持することでシリコン原子の移動が活発に起こるようになり、まず結晶核の発生が起こり、次いでこの結晶核が成長する、といった2段階の過程を経た後に結晶化が完了する。この結果として、多結晶シリコン(poly-Si)薄膜を、又は種結晶を用いる等の条件によっては単結晶シリコン薄膜を得ることができる。前記結晶化過程において、結晶核の形成までにはa-Si薄膜中の不純物、欠陥等が排出されて、結晶核の形成の際にシリコン原子が再配列することが必要である。特にシラン系のガスを原料としてCVD法により堆積されたa-Si薄膜を結晶化する際には、このシリコン原子の再配列と同時に、又はそれに先だって、a-Si薄膜中に含まれる水素原子を充分に放出させる必要がある。

【0004】前記の水素原子の放出過程は結晶相としては外部から観察することができない、いわゆる結晶化過程における潜伏期といわれる前駆過程である。この状態は数nsという極く短時間のレーザ照射加熱による結晶化(レーザアニール)においても同様に発生すると考えられる。レーザアニールによる結晶化においてはa-Si薄膜に一旦熔融状態に達する程の高エネルギーを与える場合もあるが、熔融状態においても上述したような不純物の排出過程は起こるはずであり、広い意味ではこの場合も潜伏期に含まれる。その後a-Si薄膜が冷却されて結晶化が完結するが、a-Si薄膜が熔融状態に至るか否かに関わらず、前記潜伏期における温度及び時間がその後の結晶核形成及び結晶核成長期の段階での不純物の含有量及び分布を決定し、ひいては結晶化過程及び最終的に得られる製品の結晶状態に大きな影響を与えることは自明である。

【0005】このため、特にプラズマCVD法でシラン系のガスをを用いて堆積したa-Si薄膜の場合に顕著であるが、高エネルギーのレーザパルス照射によりa-Si薄膜の熔融が生じる際に、炉アニールでは徐々に放出される水素がレーザアニールでは爆発的に脱離することで前記膜が破壊したり、前記膜表面の激しい凹凸が生じる、といった現象が頻繁に生じた。これを防ぐために従来のレーザアニールによる結晶化においては、予め水素脱離を施すための低エネルギーのパルスを3Hzの周波数で10秒間にわたってa-Si薄膜に与える操作を二度繰り返した後に結晶化の高エネルギーパルスを別途与える方法(P. M.smith et al, Appl. Phys.Lett., 70(3), 342(1997))、又は予めa-Si薄膜を炉中において500℃程度以下の結晶化を誘起しない温度領域での水素脱離予備アニールを行なった後、レーザアニールで結晶化させる方法が取られていた。

【0006】前述の如く、従来のレーザアニールによる結晶化では水素脱離のための処理が結晶化前に必要となり、工程上の時間を多く費やしていた。水素脱離を数回

のレーザパルスで行なう方法に関しても前述のような予備処理に対する時間を必要とする。これはレーザパルスの間隔が長いために、試料に対して非効率な加熱しかできなかったことが原因である。すなわち、従来のレーザアニールで使用されたレーザパルスでは、 $a-Si$  薄膜に照射されるレーザパルスの間隔がレーザ発振器本体のみによって決定されたものであり、最も短い場合でも1ms程度である。パルスの幅が通常考え得る最大値の100nsであったとしても、次のパルスが照射されるまでの間にパルス幅の10<sup>4</sup>倍の時間待機状態となる。したがって、 $a-Si$  薄膜に与えられたレーザ光エネルギーの中で脱酸素に使用されない分は熱エネルギーとなって基板に散逸し、シリコン薄膜内の温度は前パルスの照射前と同温度に戻る。このためパルス列を重畳してレーザアニールを行ったとしても、レーザ照射されるシリコン薄膜は常に定常状態にあるため、エネルギーの蓄積の効果は顕著に現れなかった。

【0007】従来技術のレーザパルス発生装置を使用しても、前記レーザアニールによる結晶化の際に十分な酸素脱離を行うことはできない。すなわち、特開平5-29693号公報、特開昭62-133788号公報に記載された装置により形成したパルス列では十分な強度比及び回数をも有するパルス列を形成することができない。また特開平5-29693号公報に記載された装置は、実際の使用に際してレーザビーム拡大器を必要とする。

【0008】特開平5-29693号公報に記載されたマルチパスレーザ発生装置では、図5に示すような非直線偏光化・遅延手段としてのガラス板又はファイバーを用いてマルチレーザパルスビームを出射する。すなわち図5の装置において、レーザパルス発振器31より出射されるレーザパルス32はビーム拡大器33で拡大される。ビーム拡大器33を出たレーザパルス $P_{1n}$ は偏光ビームスプリッタ34に入射し、透過光 $P_t$ と反射光 $S_1$ とに分離される。反射光 $S_1$ は出射光 $P_{out}$ となる。他方、透過光 $P_t$ は遅延光路長を与えるガラス板35、直線偏光を円偏光や楕円偏光に変える1/4波長板36に順次入射し、全反射ミラー37、38、39で反射されて再び偏光ビームスプリッタ34に入射する。偏光ビームスプリッタ34を透過したレーザパルス $P_t$ はレーザパルス $P_{1n}$ の反射光 $S_1$ に次いで出射光 $P_{out}$ となり、また偏光ビームスプリッタ34で反射したレーザパルスは、同様にして、レーザパルス $P_t$ 以降の出射光 $P_{out}$ となる。

【0009】図6に、図5の装置を用いて得られたパルス列(出射光 $P_{out}$ )の強度比と時間差を示す。各パルス列は約100nsの時間間隔で出射される。また、最初のパルス列と次のパルス列とは約200μsの時間間隔で出射される。図7に、図5の装置を使用してレーザパルスを照射した場合の $a-Si$  薄膜試料の温度変化を示す。図5の装置を用いて得られたパルス列では、複数

のパルス間の時間間隔が長く、また最初のパルス列と次のパルス列との間の時間間隔も長いので、照射された $a-Si$  薄膜の温度は一旦室温に戻ってしまい、レーザパルスのエネルギーが充分有効に利用されない。

【0010】特開平10-41244号公報、特開平4-282869号公報に記載された装置では複数のレーザ発振器を使用しなければならない。また特開平10-41244号公報に記載された装置では、レーザ発振器から生じるレーザパルスはシリコン薄膜上の異なる位置を照射するので、シリコン薄膜上の所定位置に充分なエネルギーを付与することは困難である。

【0011】上述の如く、従来のレーザパルス発生装置を使用しても、非晶質薄膜、例えば非晶質シリコン薄膜に対して充分なレーザアニールを行うことは困難である。本発明は上記従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、短時間で効率的且つ確実に試料をレーザ加熱することができるレーザパルス発生装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】すなわち本発明は、非晶質薄膜をレーザパルスアニールにより多結晶薄膜とするためのレーザパルス発生装置であって、(1)レーザ発振器から発射されたレーザパルスビームを形状を保持したまま強度のみを分割する手段、(2)分割された前記ビームの一方に光路長を追加する手段、(3)分割された前記ビームの他方を、更に時間差を有する複数のパルスからなるパルス列に分割する手段、(4)前記両ビームの強度を独立して制御可能な強度減衰手段、並びに(5)前記両ビームのビーム断面形状及び強度分布を整形する手段、を有することを特徴とするレーザパルス発生装置に関するものである。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の装置で使うことができる非晶質薄膜の大きさや形状は適宜選択する。非晶質薄膜としては、金属、半金属、セラミック等の非晶質薄膜、例えば非晶質シリコン薄膜や非晶質酸化物薄膜が挙げられる。本発明の装置を用いてレーザ照射する試料は、予め適する方法、例えばCVD法により適する支持体上に好適な大きさや形状で形成しておいてよい。本発明の装置は単一の工程において使用することができるが、他の工程、例えば前述のCVD法により形成した薄膜を処理するために、例えば連続工程中で使うこともできる。また、所望により、本発明の装置を他の装置や種々の方法と組み合わせて使用してもよい。レーザ発振器から発射されたレーザパルスビームを形状を保持したまま強度のみを分割する手段としては、例えばハーフミラーを使用することができる。分割された前記ビームの一方に光路長を追加する手段としては、例えば全反射ミラーを使用することができる。光路長の追加により、最大1μs程度の遅延を生ぜしめるようにすることが好

ましい。分割された前記ビームの他方を、更に時間差を有する複数のパルスからなるパルス列に分割する手段としては、例えば全反射ミラーを使用することができる。複数のパルスは、例えば数〜数十nsの時間遅れを持ったパルスとすることが好ましい。前記両ビームの強度を独立して制御可能な強度減衰手段としては、例えばアッテネータを使用することができる。前記両ビームの断面形状及び断面内強度分布を整形する手段としては、例えばホモジナイザーを使用することができる。前記のハーフミラー、全反射ミラー、アッテネータ及びホモジナイザーの大きさ、形状、数、性能等は、本発明の目的を達成し得る範囲内で選択してよい。本発明の装置の各構成要素を最適に制御するために、例えばパーソナルコンピュータなどの制御器を設けてもよい。

【0014】<作用>本発明のレーザパルス発生装置では、非晶質薄膜、例えば非晶質シリコン薄膜に対して、結晶化に必要とされるエネルギーを潜伏期と結晶核生成・成長期とに各々分離し、且つ強度制御して与える。本発明の装置におけるレーザパルス付与は、従来の同種装置とは異なり、レーザ発振器から発生した唯一のレーザパルスのみで完結させることが可能である。それ故、本発明の装置は操作が簡便であり、且つ安価にシステム構成をすることができる。

【0015】本発明の装置は、例えばa-Si薄膜に対するレーザアニールにおいて、単一の照射パルスを分割し、これらのパルスを二段階に分けてa-Si薄膜に付与し得るような光学回路を有する。そして、第一段階で付与されるパルスは、水素等の不純物排出を充分に行い結晶化前の非晶質状態を改質できるが、しかし結晶化を誘起するには至らないように強度調節したものとし、続く第二段階で付与されるパルスは、結晶核形成及び結晶成長が開始される程度に充分高いエネルギーを有するように強度調節したものとする。

【0016】前記第二段階において、レーザパルスのエネルギーが高い場合にはa-Si薄膜を一旦熔融にまで至らせた後に冷却過程に入った段階で、またレーザパルスのエネルギーが低い場合には熔融には至らずとも原子移動を活発化した段階で、何れも結晶核形成と結晶核成長を行わしめる。

【0017】本発明の装置では、特に第一段階におけるレーザパルスを更に時系列により複数化し、この時のパルス列の間隔をレーザパルス幅と同程度のオーダーに短縮することが可能である。この機能により前パルスのエネルギーがシリコン薄膜中に蓄積されている間に次のパルスを与えて熱エネルギーの追加供給が可能となる。これによりアニール中のa-Si薄膜内部の温度に対して従来にない精密な制御が可能となり、ひいては結晶性の制御に優れた効果を発揮する。本来レーザアニールが利用される目的は、基板の温度上昇により不純物が多結晶シリコン薄膜中に拡散することを妨げることであり、結晶

化対象であるa-Si薄膜のみの温度を上昇させ、これを支持する基板に対しては温度を極力上げないことが要求される。この観点からも、結晶化に際してレーザによる供給エネルギーを必要最小限に抑え得る本装置はレーザアニール本来の目的を実現できるといえる。

【0018】

【実施例】以下の実施例により、本発明を更に詳細に説明する。

#### 実施例1

10 図1は本発明の実施例1のレーザパルス発生装置の概略構成図である。なお、以下において本発明の装置を用いて処理する試料(a-Si薄膜)は、予めCVD法により支持体上に形成したものである。それ故、実際の操作は前記のCVD法による薄膜形成を含めて連続的に行われるが、以下、レーザパルス照射部分に関して説明する。KrFエキシマレーザパルス発振器1から出射されたレーザパルス2はハーフミラー3により二分割される。本実施例では透過光と反射光が1:1の強度比となるように設定した。ハーフミラー3を透過した光は以下の工程でa-Si薄膜の結晶化前駆過程を促進するための第一段階パルス列となる。前記透過光は更に直進し、次のハーフミラー4へ進む。ここから先に第一段階のレーザパルスを複数の遅延パルス列に分割するためのハーフミラー4、5及び全反射ミラー6、7、8、9により形成される光学回路部を設置した。

【0019】前記光学回路部により、ハーフミラー4及びハーフミラー5の双方を透過したレーザパルスがa-Si薄膜試料18に最初に到達するレーザパルスとなる。次いで、ハーフミラー4で反射された後、全反射ミラー6、7及びハーフミラー5で反射されたレーザパルスがa-Si薄膜試料18に到達する。更に、ハーフミラー4を透過した後にハーフミラー5で反射されたレーザパルスが全反射ミラー8、9を経由した後再度ハーフミラー4に至るレーザパルスが生じる。この後に、再び最初にレーザパルスがハーフミラー4に到達した場合と同じ形態で、ハーフミラー4を透過した後にハーフミラー5へ向かいハーフミラー5を透過してa-Si薄膜試料18へ向かうレーザパルスと、ハーフミラー4で反射された後全反射ミラー6、7及びハーフミラー5で反射されたレーザパルスとが発生し、遅延時間をもってa-Si薄膜試料18に入射する。以下、同様にして、ハーフミラー4、5により遅延パルスが順次形成される。本実施例ではハーフミラー4、5ともに透過光と反射光との強度比が1:1となるように設定した。

【0020】これらの第一段階パルス列はアッテネータ10によりレーザパルス強度を所定値に制御され、その後ハーフミラー11を透過し、更にシリンドリカルミラーレンズ及びスリットからなるホモジナイザー12によりレーザビームの断面形状及び断面内強度分布を所定形状に整形された後にa-Si薄膜試料18に入射す

る。本実施例ではレーザービーム形状を寸法  $11\text{ mm} \times 2\text{ mm}$  の矩形形状とした。本実施例において、ハーフミラー 4 とハーフミラー 5 との間、及び全反射ミラー 6 と全反射ミラー 7 との間、並びに全反射ミラー 8 と全反射ミラー 9 との間の各空間中でレーザーパルスが通過に所要する時間を a、またハーフミラー 4 と全反射ミラー 6 との間、及び全反射ミラー 7 とハーフミラー 5 との間の各空間中でレーザーパルスが通過に所要する時間を b、またハーフミラー 5 と全反射ミラー 8 との間、及び全反射ミラー 9 とハーフミラー 4 との間の各空間中でレーザーパルスが通過に所要する時間を c すると、この時第一段階パルス列のハーフミラー 11 において観測される強度比と時間差を図 2 に示す。図 2 から明らかな如く、第一段階パルス列は強度の等しい 2 個のパルスが対となり、これらが遅延を繰り返す毎に強度を  $1/4$  に減じつつ連なって試料方向に向かっている。本実施例において、a、b 及び c の値は、発生パルス幅と同程度とした。

【0021】一方、ハーフミラー 3 による反射光は、結晶化過程の第二段階、すなわち結晶核形成及び成長過程を促進するためのパルスとするため、第一段階パルス列により a-Si 薄膜試料が適度に高温となり、且つある程度の時間を経過した後試料表面に入射するように、全反射ミラー 13、14 からなる遅延回路により遅延時間を調節されている。また、この第二段階パルスが照射される段階では、Si 薄膜試料はすでに充分に脱水素が完了しているので、従来のレーザーアニールでは膜の破壊・剥離が生じるために照射不可能であったような高強度のパルスを用いても差し支えない。前記状況下で結晶化を迅速に完了させるためには、第一段階パルス列よりも高強度のパルスを一回照射すればよい。このような条件のパルス強度を得るために、先の第一段階パルス列を制御したアッテネータ 10 の条件を考慮して、全反射ミラー 15 から出射した第二段階パルスに対する強度制御をアッテネータ 16 により行なう。この後、第二段階パルスは全反射ミラー 17 を経由してハーフミラー 11 に入射し、更にこのハーフミラー 11 により反射された後、第一段階パルス列と同様にシンドリカルミラーレンズ及びスリットからなるホモジナイザー 12 によりビームの断面形状及び断面内強度分布を所定形状に整形された後に Si 薄膜試料 18 に入射する。Si 薄膜試料 18 の表面に入射する前記第二段階パルスのハーフミラー 11 において観測される強度比と時間差の様子を同じく図 2 に示す。

【0022】試料表面のレーザーパルス照射位置は、試料と取り付けた試料ステージ 19 により調節する。a-Si 薄膜試料 18 の結晶化を試料の全面又は特定の位置のみに対して制御性良く行ない得るように、結晶化の状態を常に観測できるような X 線回折装置又はラマン分光装置を設置する。X 線回折法を用いる場合は X 線源 20 と X 線検出器 21 とを a-Si 薄膜試料 18 の表面に対し

て適当な角度をもって設置し、X 線検出器 21 が発する X 線強度信号を増幅する X 線検出器の信号増幅器 22 の出力により結晶化が完了したことを確認することができる。またラマン分光法を用いる場合は Ar レーザ源 20 と光電子検出器 21 とを a-Si 薄膜試料 18 の表面に対して適当な角度をもって設置し、光電子検出器 21 が発するラマン散乱強度信号を増幅するラマン分光装置の信号増幅器 22 の出力により結晶化が完了したことを確認することができる。この信号をパーソナルコンピュータ等の制御器 24 へ送り、制御器 24 は次の位置への試料移動を位置制御器 23 に命令する。結晶化が完了しない場合には、制御器 24 はパルス照射条件を変更するように働き、レーザー発振器 1 へパルス強度を増加する命令、又は全反射ミラー 12 及び全反射ミラー 14 の角度を変えて遅延時間を短縮する命令、等の命令を送る。

#### 【0023】実施例 2

図 3 は本発明の実施例 2 のレーザーパルス発生装置の概略構成図である。実施例 2 の装置は、実施例 1 の装置では第一段階パルス列と第二段階パルスとがハーフミラー 11 により同一のホモジナイザー 12 に導かれる構成であった部分を、図 3 に示すように第一段階パルス列に対しては全反射ミラー 11a 及びホモジナイザー 12 を、第二段階パルスに対しては全反射ミラー 17 及びホモジナイザー 25 を配置することにより、第一段階パルス列及び第二段階パルスを同一仕様の異なる二つの光学回路を経由させ、この後何れも a-Si 薄膜試料 18 上の同一位置に導く装置である。実施例 2 の装置を用いる場合も、図 2 と同一のパルス時系列特性が得られる。実施例 2 の装置の場合、実施例 1 の装置と異なり、アッテネータ 10、16 から出射されたパルスはそれ以降ハーフミラーを経由することなく a-Si 薄膜試料 18 に入射するため、絶対的な光量の減少が生じないという利点がある。

【0024】図 4 に本発明のレーザーパルス発生装置を使用してレーザーパルスを照射した場合の a-Si 薄膜試料の温度変化を示す。図 4 の従来のレーザーパルス発生装置を使用してレーザーパルスを照射した場合の a-Si 薄膜試料の温度変化と図 7 とを比較すると明らかな如く、図 7 では各レーザーパルスの強度が経時的に指数級数的に減少しているのに対して、図 4 では二つの等強度のレーザーパルスからなる階段が形成されており、この階段の強度（二つの等強度のレーザーパルスの強度）が経時的に段階的に減少しているため、a-Si 薄膜試料の温度変化が少なく温度低下が抑制される。それ故、図 4 においては a-Si 薄膜試料の温度が室温まで完全に低下することなく、この状態で第二段階のレーザーパルスを入射させることができる。従って、本発明のレーザーパルス発生装置を使用すると、レーザーパルスのエネルギーが有効に使用されることが判る。

#### 【0025】



【発明の効果】本発明のレーザパルス発生装置では、容易に複数のレーザパルスを形成することが可能であり、且つ各パルスの時間間隔、断面形状及び強度を独立して制御することが可能である。これにより、試料表面の前駆加熱が必要な場合に、試料表面をレーザ照射して十分な強度比及び回数を有するパルス列を付与することができ、試料表面を短時間で且つ確実に必要温度に加熱することが可能であるため、作業効率が向上し、また得られる製品品質が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1のレーザパルス発生装置の概略構成図である。

【図2】本発明の装置により発生するレーザパルスの時系列による強度比を示す図である。

【図3】本発明の実施例2のレーザパルス発生装置の概略構成図である。

【図4】本発明の装置により加熱されたa-Si薄膜内部の時間に対する温度変化を示す図である。

【図5】従来例のレーザパルス発生装置の一例の概略構成図である。

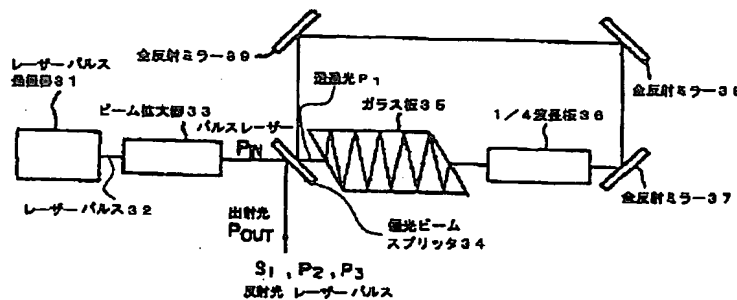
【図6】図5の装置により発生するレーザパルスの時系列による強度比を示す図である。

【図7】図5の装置により加熱されたa-Si薄膜内部の時間に対する温度変化を示す図である。

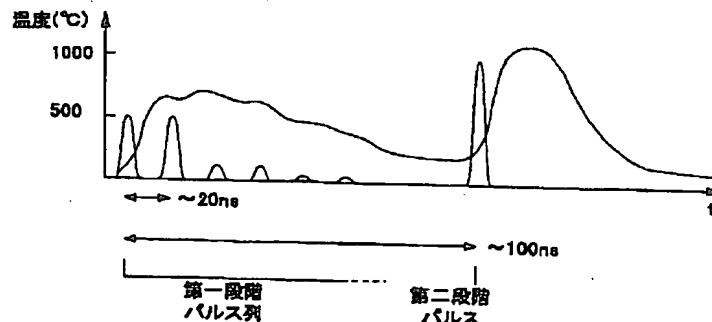
\*【符号の簡単な説明】

- 1, 31: レーザパルス発振器
- 2, 32,  $P_{1n}$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ : レーザパルス
- 3, 4, 5, 11: ハーフミラー
- 6, 7, 8, 9, 11a, 13, 14, 15, 17, 3
- 7, 38, 39: 全反射ミラー
- 10, 16: アッテネータ
- 12, 25: ホモジナイザー
- 18: a-Si 薄膜試料
- 19: 試料ステージ
- 20: X線源又はAr レーザ源
- 21: 光電子検出器又はX線検出器
- 22: X線検出器の信号増幅器又はラマン分光装置の信号増幅器
- 23: 位置制御器
- 24: 制御器
- 33: ビーム拡大器
- 34: 偏光ビームスプリッタ
- 35: ガラス板
- 36: 1/4波長板
- S<sub>1</sub>: 反射光
- P<sub>1</sub>: 透過光
- P<sub>out</sub>: 出射光

【図1】

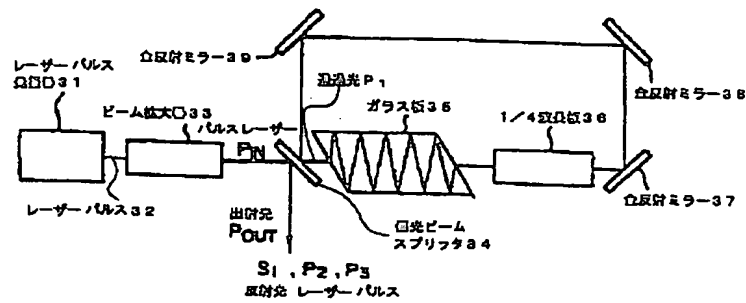


【図4】

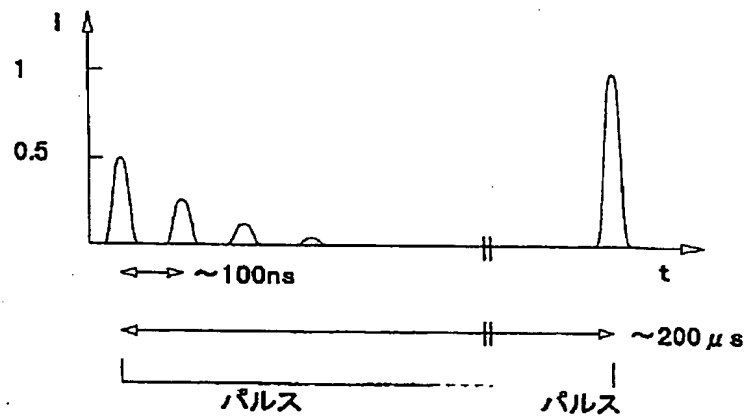


[illegible]

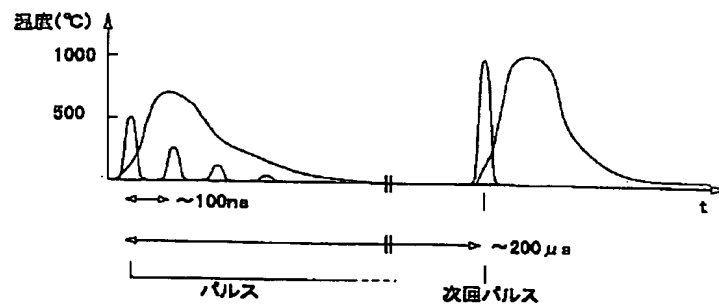
【図5】



【図6】



【図7】



【手続補正書】

【提出日】平成11年3月15日(1999. 3. 15)

【手続補正1】

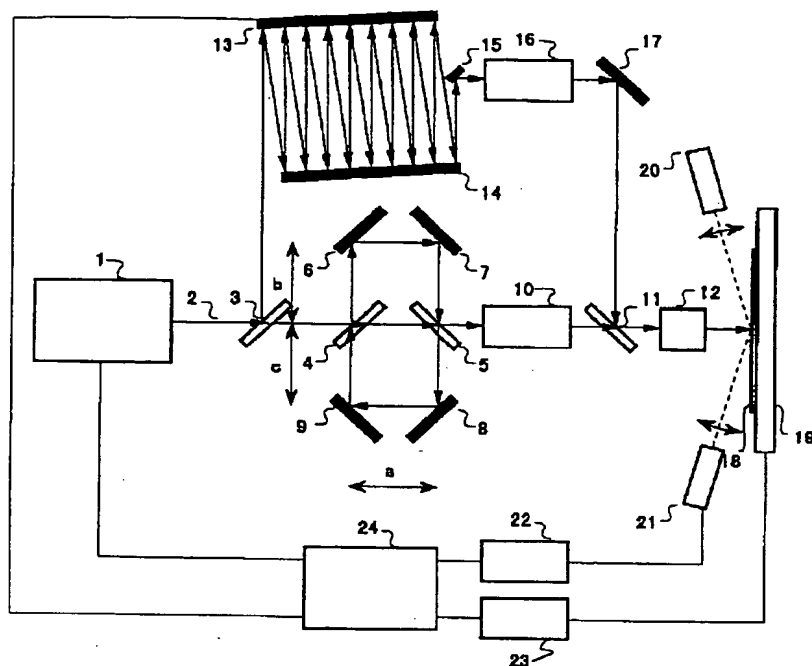
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図1

【補正方法】変更

【補正内容】

【図1】



- 1 : パルスレーザー発振器
- 2 : パルスレーザー
- 3, 4, 5, 11 : ハーフミラー
- 6, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 17 : 全反射ミラー
- 12 : ホモジナイザー
- 16, 17 : アッテネータ
- 18 : a-Si 薄膜試料
- 19 : 試料ステージ
- 20 : X線源又はArレーザー源
- 21 : 光電子検出器又はX線検出器
- 22 : X線検出器の信号増幅器又はラマン分光装置の信号増幅器
- 23 : 位置制御器
- 24 : 制御器

フロントページの続き

Fターム(参考) 2H041 AA02 AA06

5F072 AA06 JJ02 JJ05 KK05 KK15

KK30 MM01 MM08 RR05 SS06

YY08